



(19)

(11) Publication number:

**56**

Generated Document.

**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**(21) Application number: **54102473**(51) Intl. Cl.: **G01B 11/24 G01B 11/16**(22) Application date: **09.08.79**

(30) Priority:	(71) Applicant: <b>RIKAGAKU KENKYUS</b>
(43) Date of application publication:	<b>13.03.81</b>
(84) Designated contracting states:	(72) Inventor: <b>YAMAGUCHI ICHIRO</b> (74) Representative:

**(54) MALFORMATION  
MEASURING METHOD**

(57) Abstract:

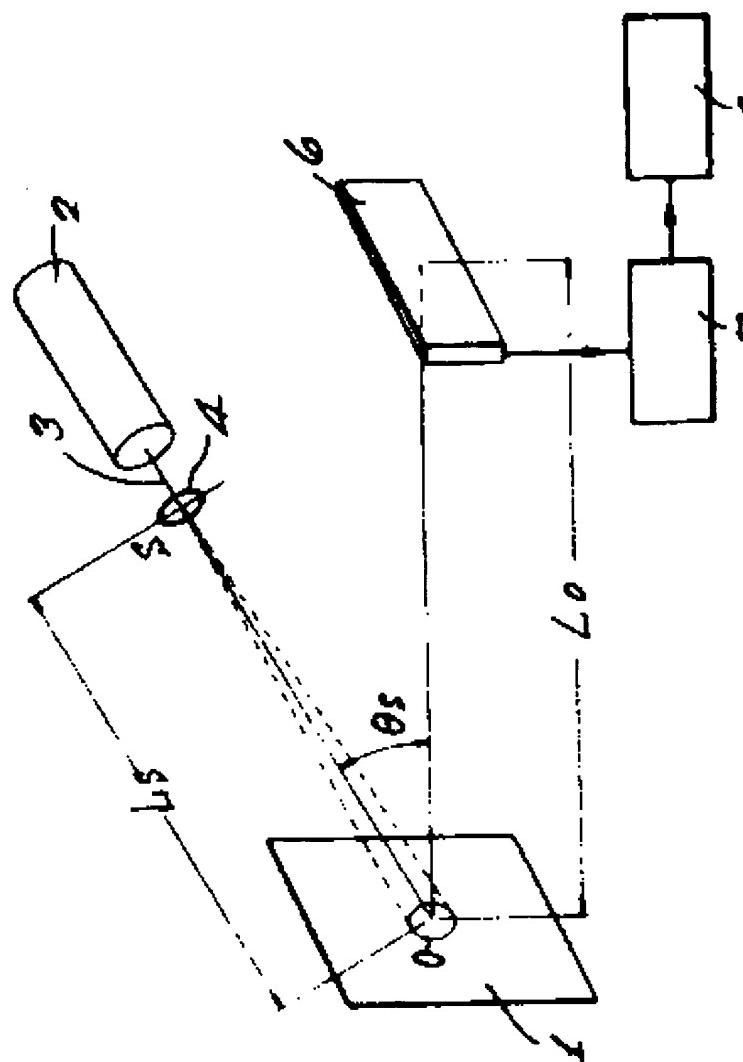
PURPOSE: To measure the extent of malformation of an object, by giving a photoelectric conversion to the speckle pattern of the object before and after receiving the malformation and then obtaining the mutual correlation function among the signals.

CONSTITUTION: Semiconductor image sensor 6 is provided to the surface of observation, and measuring region 0 of object surface 1 is irradiated by laser beam 3 given from laser source 2 through magnifying lens 4 to obtain a speckle pattern. Then a photoelectric conversion is given to the speckle pattern. Also a photoelectric conversion is given to the speckle pattern before and after object 1 receives the malformation, and this output is stored in the memory of microcomputer 7 after an A/D conversion. Then the mutual correlation function is calculated

**Best Available Copy**

among the signals. The position of the maximum value of the function thus obtained shows the extent of malformation of the object.

COPYRIGHT: (C)1981,JPO&Japio



⑯ 日本国特許庁 (JP)  
⑰ 公開特許公報 (A)

⑪ 特許出願公開  
昭56—26208

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 01 B 11/24  
11/16

識別記号  
101

府内整理番号  
6666-2F  
6923-2F

⑩公開 昭和56年(1981)3月13日  
発明の数 1  
審査請求 有

(全 5 頁)

⑥変形の測定方法

⑦特 願 昭54—102473  
⑧出 願 昭54(1979)8月9日  
⑨發明者 山口一郎

和光市諏訪原団地2—6—203

⑩出願人 理化学研究所  
和光市広沢2番1号  
⑪代理人 弁理士 中村稔 外4名

明細書

1 発明の名称 変形の測定方法

2 特許請求の範囲

- 1) 变形前・後の物体表面の一部をレーザビームで照射してスペックル模様を現出し、この変形前・後のスペックル模様をそれぞれ光電変換して得られる信号間の相互相關関数を求め、その相互相關関数の極値の位置として求められるスペックル模様の移動量から物体の変形量を決定することを特徴とする測定方法。
- 2) 前記の変形が物体の並進、回転、歪のいずれかまたはそれらの組合せにより生ずることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の測定方法。
- 3) 前記の光電変換が半導体イメージセンサーにより行われることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の測定方法。

3 発明の詳細な説明

本発明はスペックル模様の移動量から物体の変形を測定する方法に関する。

物体をレーザビームで照射したときに生ずるスペックル模様は、物体の並進、回転、歪などによる物体の微小な変形によって移動する。このスペックル模様の移動量から物体の変形量を測定する方法として、スペックル写真法がある。スペックル写真法は、物体の変形前・後のスペックル模様を写真フィルムに二重露光し、これを現像処理したネガフィルムをレーザビームで照射して、ネガフィルムの後方に配置したスクリーン上に現出する構模様の間隔からスペックル模様の移動量を求め、この移動量から物体の変形量を測定するものである。しかし、この従来公知のスペックル写真法では次のような問題がある。

① 物体の変形を実時間測定できず、測定の自動化も困難である。

② スペックル模様の移動量の符号が求められないで、物体の変形量を完全に決定することが

できない。

③ スペックルの平均径以下の移動量は検知できないので、物体の変形の測定範囲が狭く制約を受ける。

本発明は上記に述べられたものであつて、物体の変形前後におけるスペックル模様を光電変換し、得られる信号間の相互相關関数の極値の位置として求められるスペックル模様の移動量から物体の変形量を測定する方法を提供するものである。

以下、添付図面により本発明を詳しく説明する。第1図は本発明を説明するための測定系の一例である。図示の如く、物体面1の測定領域Dを、レーザビームSからのレーザビームSで必要に応じて拡大レンズMを介して照射し、得られるスペックル模様を観察面3で観察する。

ここで、物体面上の座標軸: x, y, z、レーザビームの発散点の距離: OS = L<sub>s</sub>、発散点の方向: L<sub>sx</sub>, L<sub>sy</sub>, L<sub>sz</sub>、物体面と観察面の距離: L<sub>o</sub>、観察点Pの方向: L<sub>x</sub>, L<sub>y</sub>, L<sub>z</sub>、レーザビームで照射した領域における物体の並進、回転、

8

4

$$+L_y^2 - /) - \alpha_x (\frac{L_o}{L_s} L_{sy} L_{sz} + L_y L_z) - L_o [-\alpha_z \\ (L_{sx} + L_x) - \alpha_x (L_{sz} + L_z) + E_{yy} (L_{sy} + L_y) \\ + E_{xy} (L_{sx} + L_x)] \dots \dots \dots [2]$$

スペックルの移動量  $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$  の測定は次のようにして行う。

第2図に示す如く、半導体イメージセンサー6を第1図のP点に対応する位置に配置して、物体が変形を受ける前・後のスペックル模様を光電変換し、その出力信号をA/D変換してマイクロコンピュータ7のメモリーに格納し、信号間の相互相關関数を計算する。得られる関数の最大値の位置が物体の変形量を示す。なお、図中8は相関計であつて、第3図に示す相互相關関数の形を与えるために特に配置したもので必ずしも必要でない。

なお、(1), (2)式からも明らかのように、物体の並進( $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ )、回転( $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ )、歪( $E_{xx}$ ,  $E_{xy}$ ,  $E_{yy}$ )が同時に生ずる場合には、これらの未知数の数に応じてレーザビームの発散点Sの位置ないしイメージセンサー6の位置を変える

べき成分をそれぞれ: ( $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ ), ( $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ ), ( $E_{xx}$ ,  $E_{xy}$ ,  $E_{yy}$ )とする。

以下の条件下で、物体が変形を受ける前・後ににおける観察点でのスペックル模様の強度分布  $I_1(x, y)$  と  $I_2(x, y)$  の間の相互相關関数を求める。

$$C(\bar{x}, \bar{y}) = \langle I_1(x, y) I_2(x + \bar{x}, y + \bar{y}) \rangle$$

(ただし、 $\langle \rangle$ は集合平均を意味する。)

を計算する。計算過程は複雑なため(1)では省略するが、結果的には  $C(\bar{x}, \bar{y})$  は  $\bar{x} = \alpha_x$ ,  $\bar{y} = \alpha_y$  で最大値をとる。 $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$  は次式で与えられ、物理的には物体変形によるスペックル模様の移動量に相当する。

$$\alpha_x = -\alpha_x [\frac{L_o}{L_s} (L_{sx}^2 - /) + L_{x^2} - /] - \alpha_y [\frac{L_o}{L_s} (L_{sy}^2 - /) + L_{y^2} - /]$$

$$L_{sx} L_{sy} + L_x L_y) - \alpha_z [\frac{L_o}{L_s} L_{sx} L_{sz} + L_x L_z) -$$

$$L_o (-\alpha_z (L_{sy} + L_y) - \alpha_y (L_{sz} + L_z) + E_{yy} (L_{sx} + L_x) + E_{xy} (L_{sy} + L_y)) \dots \dots \dots [1]$$

$$\alpha_y = -\alpha_x (\frac{L_o}{L_s} L_{sy} L_{sz} + L_y L_x) - \alpha_y [\frac{L_o}{L_s} (L_{sy}^2 - /) + L_{y^2} - /]$$

て相互相關関数の最大値を求め連立方程式を解くことにより並進、回転、歪を求める必要がある。

例えば、第3図の測定系において半導体イメージセンサー6に1次元のセンサーを用い、物体が走査方向に対する並進( $\alpha_x$ )と、それに直角な軸のまわりの面外回転( $\alpha_y$ )を行う場合には、(1)式及び(2)式で表わされるスペックルの移動量  $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$  は次式で与えられる。ここで  $\theta_s$  は平行なビームの入射角である。

$$\alpha_x = \alpha_x (\frac{L_o}{L_s} \cos^2 \theta_s + /) + \omega_y L_o (/ + \cos \theta_s), \alpha_y = 0$$

したがつて、この場合には未知数が  $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$  の2つであるので、それらを分離して求めるためには、2つの異った入射角  $\theta_s$  又は距離  $L_o$  に対してイメージセンサー6の出力信号の相互相關関数の最大位置を得る必要がある。

#### 実施例

レーザビームとして出力5mWのHe-Neレーザを用い、金属板の面内変位( $\alpha_x$ ) = ±5μm ~ ±10μm、面外回転( $\alpha_y$ ) = 0.01 ~ 0.40 deg の各変形についてそれぞれ測定した結果、第4図及び

5

6

第4図を得た。なお半導体イメージセンサーとして素子数1024×1024で分解能1.5μmの1次元イメージセンサー、マイクロコンピュータとして16KWのメモリ容量のものを用いた。

第3図及び第4図の測定結果からも明らかのように、面内変位及び面外回転がいずれも精度よく測定されていることが理解される。なお、参考のため $\Delta x = 100 \mu\text{m}$ の面内変位に対して得られたイメージセンサーの出力の相互相関関数を第5図に示す。遷延 $\tau$ したがつて、 $\bar{x} = 0$ に対応する位置は中央にとつてあるので、中央から極値の位置までの時間 $\tau_1$ がスペックルの移動量 $\Delta x$ に比例し、スペックル模様が正の方向に動いたことが分る。

以上詳述したように、本発明は物体が変形を受ける前後のスペックル模様を光電変換し、得られる信号間の相互相関関数の極値の位置として求められるスペックル模様の移動量から物体の変形量を測定する方法である。そのため、実時間測定ができる、測定系の配置も簡単でしかも自動化が容易

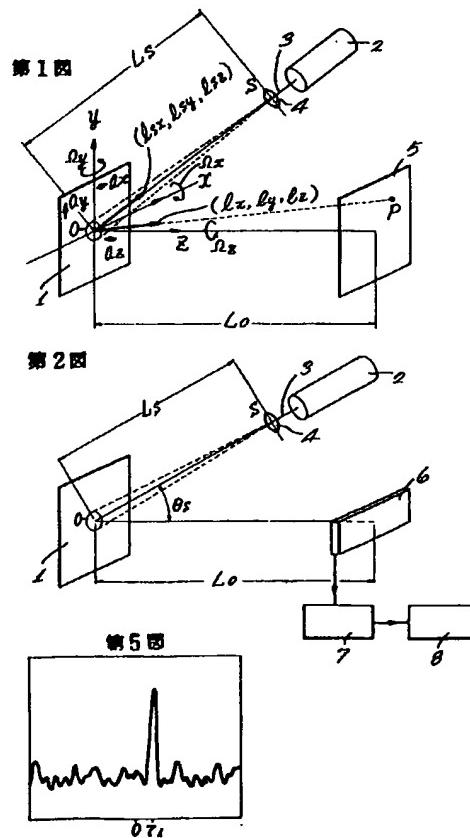
である。スペックル模様の移動量の符号が求められるので、物体の変形量を完全に知ることができるので、イメージセンサーの受光面でのスペックルの平均径は $\lambda L_0/d$ (ただし、 $\lambda$ はレーザビームの波長、 $d$ は物体面上でのビーム径)に等しいので、センサーの分解能をこの値より小さくすればよく、測定範囲も広くなる。

#### 各図面の簡単な説明

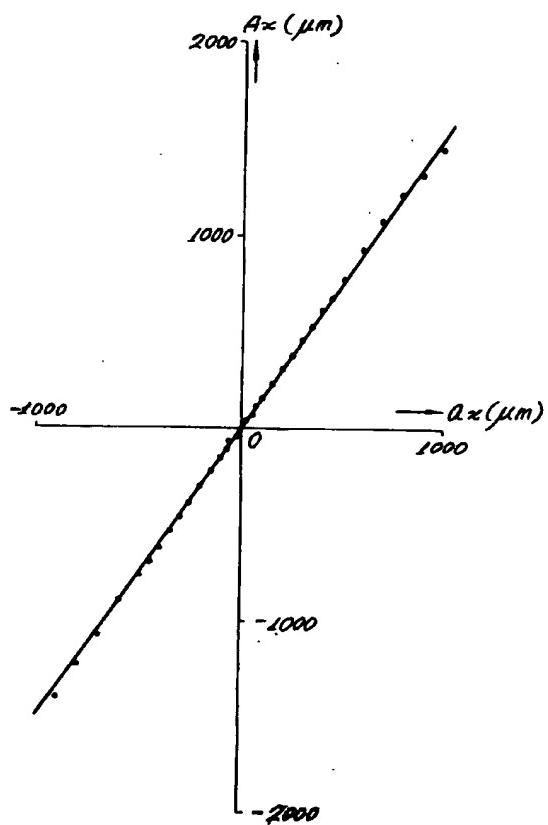
第1図は本発明を説明するための測定系の一例を示す。第2図は本発明の実施例に用いた測定系の一例を示す。第3図と第4図は本発明の実施例で得られたスペックル模様の移動量に対する物体の面内変位又は面外回転の関係を示すグラフ。第5図は本発明の実施例における物体の面内変位に対して得られたイメージセンサーの出力の相互相関関数を示す。

図中の符号：1…物体面、2…レーザビーム、3…観察面、4…イメージセンサー、5…マイコン、 $L_0$ …点光源の距離、 $L_o$ …物体面と観察面の距離、 $\Delta x$ …スペックルの移動量。

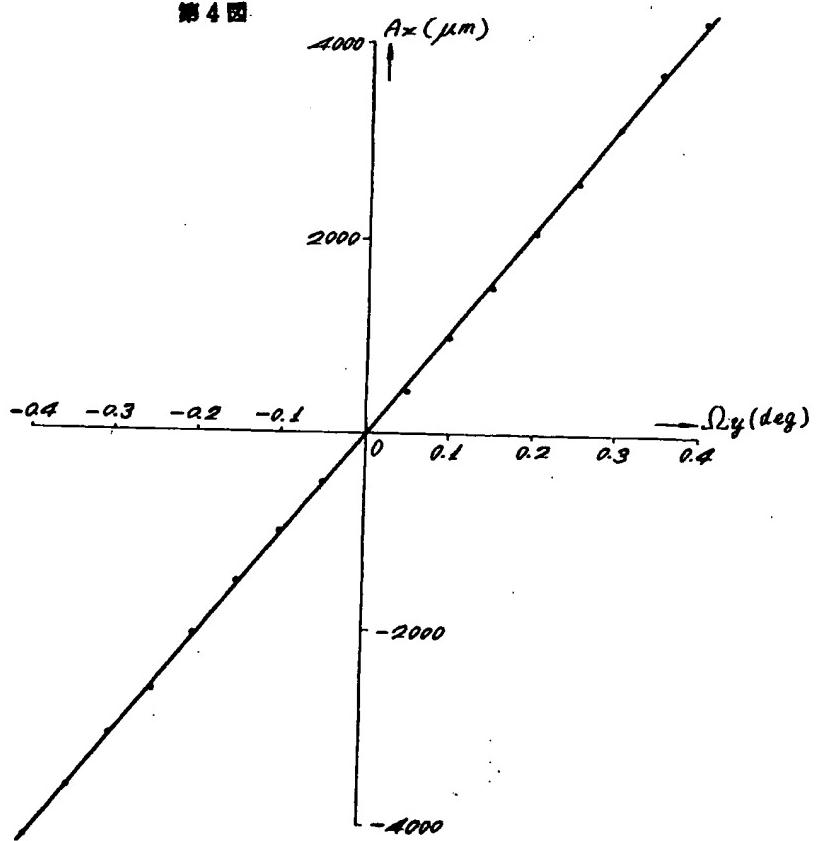
8



第3図



第4図



手 続 極 正 書  
昭 和 年 月 適

特許庁長官 川 原 能 雄 取

1. 事件の表示 昭和54年特許願 第102473号

2. 発明の名称 変形の測定方法

明細書中の誤記を下記のとおり訂正する。

頁	行	誤	正
6	8	平行なビーム	ビーム
6	10	dyLo	DyLo
6	15	得る	を得る
7	10	遅延。	遅延が。

3. 補正をする者

事件との関係 出願人

名称 (679) 理 化 学 研 究 所

4. 代 理 人

住所 東京都千代田区丸の内2丁目3番1号 (電話 代11-3711)

氏名 (5995) 弁理士 中 村

5. 補正命令の日付 自 発

6.

7. 補正の対象 明細書の説明の詳細な説明の箇

8. 補正の内容



1

2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**